

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА РЕАЛИЗАЦИИ НЕБОЛЬШОГО ОБЖАТИЯ КОНЕЧНОГО НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И УСТАЛОСТНАЯ ПРОЧНОСТЬ ПРОВОЛОК ИЗ УГОЛЬНОЙ СТАЛИ

THE INFLUENCE THE METHOD OF REALIZATION SMALL FINAL REDUCTION ON MECHANICAL PROPERTIES AND FATIGUE STRENGTH STEEL WIRES

Mgr inż. PIOTR BARTOSIŃSKI

Politechnika Częstochowska

Instytut Modelowania i Automatyzacji Procesów Przeróbki Plastycznej

Al. Armii Krajowej 19, 42-200 Częstochowa, Polska

e-mail: bartosinski@wip.pcz.pl

Abstract

The proper technology of wires manufacture can cause the increase their fatigue strength. The rope wires from high carbon steel must have high suitability for working in complex state of variable stresses. The fatigue strength of wires depends on residual stresses. The application in wire drawing process the small reduction (1÷3%) in last draft is one of the methods which makes enable to decrease of residual stresses.

In the work the analysis of the drawing process realized according to three schemes i.e. drawing with small final reduction in additional draft, drawing by two dies in tandem configuration and conic bearing part has been analyzed. The variants mention above were compared to conventional drawing variant.

It has been proved that the method of realization of small final draft in drawing process influences on the improvement of fatigue strength and do not causes the essential changing of mechanical properties of drawn wires. The proper drawing variant of high carbon steel wires with small final reduction has been determined.

Введение

Всё увеличивающийся спрос на изделия из проволок например вытяжные тросы, корд для автошин или пружины, приводит к поиску более эффективных технологии их получения, которые улучшит их усталостную прочность и механические свойства. К основным свойствам эксплуатационных проволок напр. тросовых, решающих о их пригодности, относится усталостная прочность. На усталостную прочность проволок влияют между прочем собственное напряжение, которое возникает вследствие процесса волочения. Собственные напряжения I вида, в слое приповерхностном, чаще всего растягивающие, влияют в значительной степени на качество готовых изделий из проволок и могут привести к возникновению напр. деформации или нежелательных трещин [1]. Опираясь на существующие исследования [1÷7], констатировано, что добавочное конечное обжатие в размере от 1% до 3% влияет на уменьшение собственных растягивающих напряжений волоченных проволок. Заслуживающими внимания являются исследования Bühlera [2], которые привели к разработке метода добавочного волочения, заключающегося в разъединении одного тяга (хода) на два частичные, при чем деформация в последним тяге значительно меньше чем в случае предшествующего.

Волочение при небольшом конечном обжатии можно реализовать по-разному: путём небольшого обжатия в добавочном тяге, путём

волочения одновременно с использованием двух волок в системе тандем а также волочение при помощи волоки имеющей конусную калибрующую часть, в которой реализуется небольшое (1-3%) конечное обжатие.

В работе сделано попытки оценить влияние способа реализации небольшого конечного обжатия на усталостную прочность а также механических свойства волоченных проволок.

Собственные исследования

Материалом для исследований была катанка из стали типа C72D после патентования, которую волочено из исходного диаметра 5,5 мм на проволочного диаметра составляет 3,27 мм. При определенном значении суммарного обжатия, волочение проведено опираясь на 4 варианта:

- конвенциональное волочение в 4 тягах через отдельные волоки (вариант 1),
- волочение при реализации небольшого конечного обжатия в добавочном 5-ом тяге (вариант 2),
- волочение в 4-ом тяге через две волоки в системе тандем (вариант 3) при чем во второй волоке реализуется такое же небольшое конечное обжатие как во втором варианте,
- волочение при небольшом конечном обжатии через волоку о модифицированной конусной калибрующей части (во время исследований применено специально запроектированы волоки, в которых небольшое конечное обжатие 1,8%

реализуется в конусной части калибрующей) (вариант 4).

Процесс волочения проведено в однобарабанном волочильном стане JP 600 при использовании конвенциональных волок, с

углом $2\alpha = 12^\circ$ и скоростей 1м/с. сопоставление примененных отдельных обжатий и полного обжатия представлено в таблице 1.

Таблица 1.

Распределение отдельных обжатий G_p и полного обжатия G_c в процессе волочения проволок при небольших конечных обжатиях.

Номер тяга	0	1	2	3	4		5
Диаметр проволоки, мм	5,50	4,80	4,20	3,70	3,30	3,27	3,27
G_p , % вариант 1	-	23,8	23,4	22,4	-	21,9	-
G_p , % вариант 2	-	23,8	23,4	22,4	20,5	-	1,81
G_p , % вариант 3	-	23,8	23,4	22,4	20,5	1,81	-
G_p , % вариант 4	-	23,8	23,4	22,4	-	21,9*	-
G_c , %	-	23,8	41,6	54,7	64	64,65	64,65
* обжатие 1,81% реализовано в конусной части калибрующей							

Определены после каждого тяга механические свойства катанки и проволок сопоставлено в таблице 2 и на рис. 1.

Таблица 2.

Механические свойства катанки и проволок волоченных согласно вариантам 1÷4.

Диаметр проволоки, мм	R_m , МПа	$R_{0,2}$, МПа	$R_{0,2} / R_m$
5,50	1154	766	0,664
4,80	1272	1005	0,790
4,20	1379	1163	0,843
3,70	1428	1235	0,865
вариант 1			
3,27	1507	1245	0,826
вариант 2			
3,27	1464	1202	0,821
вариант 3			
3,27	1489	1192	0,800
вариант 4			
3,27	1487	1246	0,838

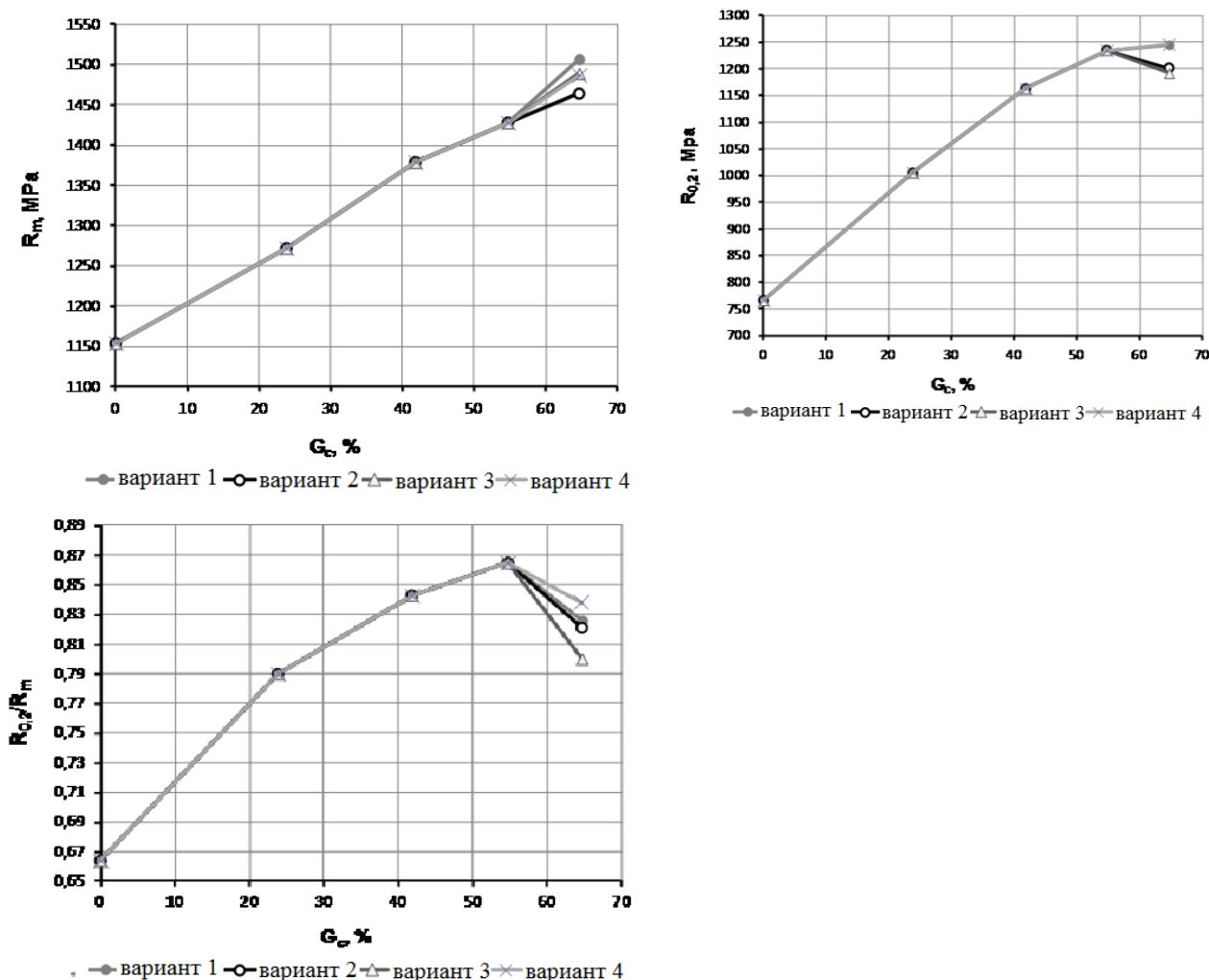


Рис. 1. Механические свойства проволок в функции полного обжатия для вариантов 1-4.

Проволоки волочены при небольших конечных обжатиях согласно варианту 2, 3 и 4, по отношению к проволокам из варианта 1 (конвенциональное волочение) проявляют статистически маловажное снижение сопротивления растяжению R_m (вариант 2 на 2,85%, вариант 3 на 1,2%, вариант 4 на 1,3%) а также меньшую границу пластичности (вариант 2 на 3,4%, вариант 3 на 4,2%). Уменьшение значения запаса пластичности $R_{0.2}/R_m$ в случае проволок волоченных согласно 2 варианту составляет 0,6% а в случае варианта 3 – 3,1 %.

Констатируется, что в случае процесса волочения веденного согласно варианту 4, значение условной границы пластичности $R_{0.2}$ совпадает с вариантом 1, но увеличивается значение запаса пластичности $R_{0.2}/R_m$ на 1%.

Чтобы обнаружить – влияет ли способ реализации небольшого обжатия конечного на усталостную прочность - проведено исследования

проволок диаметром 3,27 в машине PUL DRABI SCHANCK, в которой можно реализовать цикл вращательного изгиба [5]. Максимальное значение напряжения вычислено при помощи следующей зависимости (1)

$$\sigma_{max} = \pm \frac{6 f D E}{l^2}, \quad (1)$$

где: f – стрела прогиба, D – диаметр проволоки, E – модуль Younga, l – длина образца.

Результаты исследований временной прочности для трёх значений изгибающих напряжений представлено в таблице 3. Графики временной прочности касающиеся финальных проволок, согласно варианту 1-4, получены после аппроксимации логарифмической функцией представлено на рис. 2.

Таблица 3.

Среднее значения числа циклов усталости N к трещинам проволок волооченных согласно вариантам 1-4 для разных степеней напряжения σ_{max}

Изгибающие напряжения σ_{max} , МПа	Среднее число циклов к трещинам N			
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
910	7455	7528	7922	7484
760	14096	14395	15070	14549
540	41142	48490	54894	43619

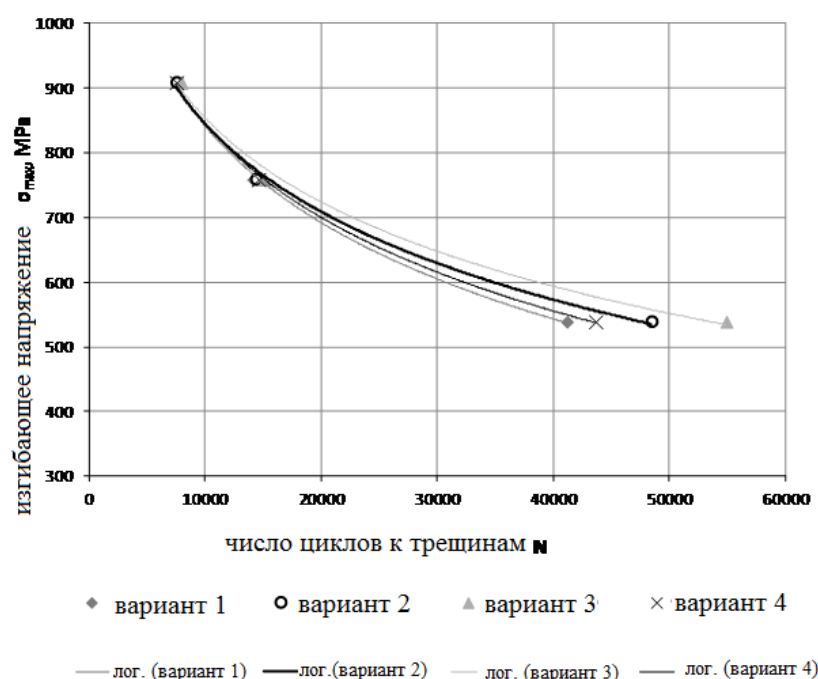


Рис. 2. График временной усталостной прочности Z_g проволок диаметром 3,27 мм волооченных согласно разным вариантам а также кривые после аппроксимации результатов логарифмической кривой.

Разницы в количестве циклов к трещинам проволок (N) (между вариантами волочения – небольшие в случае больших прогибающих напряжений и они увеличиваются вместе со снижением прогибающего напряжения. Это очень важно потому что вытяжные тросы работают при небольших значениях прогибающих напряжений в связи с применяемым в них большим коэффициентом безопасности.

В случае наименьшего значения прогибающих напряжений (540 МПа) проволоки волооченные согласно 3 варианту (тандем) имеют на 33,4% больше усталостную прочность чем вариант

1 (конвенциональное волочение). Увеличение усталостной прочности обнаружено также в случае варианта 2 – увеличение на 17,9% а также в варианте 4 (конусная калибрующая часть) на 6%.

Подведение итогов

Проведенные исследования обнаружили, что применение различных способов реализации небольшого конечного обжатия в процессе волочения проволок высоко угольных, не влияет значительно на сопротивление растяжению и условную границу пластичности, зато влияет на увеличение их усталостной прочности.

Увеличенную усталостную прочность проволок получено в случае применения в процессе волочения волок в системе тандем (вариант 3) а также в случае метода с добавочной тягой (вариант 2). Усталостная прочность проволок из варианта 3 значительно выше чем прочность проволок волоченных согласно конвенциональной технологии (вариант 1) и составляет от 6,3% до 33,4 % в зависимости от изгибающего напряжения. Волочение при небольших обжатиях, согласно варианту 2 приводит к увеличению усталостной прочности на 1% до 17,9% по отношению к варианту 1. Способ волочения при небольших конечных обжатиях при использовании волок с калибрующей частью (вариант 4) обнаружил статистически незначительное увеличение усталостной прочности и во всем диапазоне напряжений изгибающих составляет оно от 0,4% до 6%.

Представленные исследования обнаружили, что самым благоприятным способом является волочение проволок в случае применения небольшого обжатия конечного во второй волоке при волочении в системе тандем. Быстрый износ волок имеющих конусную калибрующую часть (вариант 4) а также применение добавочной тяги (вариант 2) может являться барьером для применения в промышленной практике.

Автором (mgr inż. Piotr Bartosiński) настоящей работы является Стипендиат проекта "DoktoRIS – Стипендиальная программа в пользу инновационной Силезии" софинансированный Европейским Союзом в рамках Европейского общественного фонда

Библиография

1. Łuksza J.: Elementy ciągarstwa, Uczelniane Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2001.
2. Bühler H., Kreher P.J.: Beitrag zur Frage der Eigenspannungen in gezogenen Stahldrähten. Draht, nr 8, 1968, s.531-537.
3. Bartosiński P., Muskalski Z., Wiewiórowska S., Kucharska M.: Wpływ sposobu realizacji małego gniotu końcowego na naprężenia własne w drutach ze stali węglowej, Rudy i Metale Nieżelazne nr 11/2011, str. 614-617.
4. Muskalski Z.: Wpływ warunków tarcia na naprężenia własne pierwszego rodzaju, w drutach ze stali wysokowęglowej, ciągnionych z małymi gniotami końcowymi. „Rudy i i Metale Nieżelazne” nr 11, 2009, s. 729-732.
5. Muskalski Z.: Wpływ małych gniotów końcowych oraz warunków tarcia na naprężenia własne I rodzaju w drutach ze stali wysokowęglowej. „Hutnik – Wiadomości Hutnicze” nr 9, 2010, s. 511-513.
6. Muskalski Z.: Wybrane zagadnienia z teorii i technologii ciągnięcia drutów ze stali wysokowęglowej, Wydawnictwo Wydziału Inżynierii Procesowej, Materiałowej i Fizyki Stosowanej, Seria Monografie nr 14, Częstochowa 2011.
7. Perlin J.P, Ermanok M. –Teorija Wołčzienija. Izdatilstwo Metałhurgija, Moskwa, 1971 r.